

# 脊柱矢状面参数与脊柱疾病多部位疼痛的关联分析

林 洋<sup>1\*</sup>, 王宝军<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>包头医学院中心临床学院, 内蒙古 包头

<sup>2</sup>包头市中心医院神经内科, 内蒙古 包头

收稿日期: 2026年3月8日; 录用日期: 2026年4月2日; 发布日期: 2026年4月9日

## 摘 要

目的: 探讨脊柱矢状面参数与脊柱疾病患者多部位疼痛分布的关联及独立影响因素。方法: 回顾性纳入417例脊柱疾病患者, 分为单一部位痛组(n = 64)、双部位痛组(n = 43)、多部位痛组(n = 310)。比较各组人口学、临床特征及脊柱矢状面参数, 通过相关性分析、多项Logistic回归及ROC曲线评估参数与疼痛的关联及预测价值。结果: 多部位痛组上下肢麻木发生率显著高于其他两组(均P < 0.001)。双部位痛组C2~C7 Cobb角、T1倾斜角显著升高, C2~C7 SVA显著降低(均P < 0.05)。C2~C7 SVA是双部位疼痛的独立影响因素(OR = 0.905, P = 0.006)。单一脊柱参数预测多部位疼痛的AUC均<0.6。结论: 脊柱矢状面参数与疼痛分布密切相关, C2~C7 SVA是双部位疼痛的关键影响因素, 单一参数无法有效预测多部位疼痛, 需结合多维度指标综合评估。

## 关键词

脊柱矢状面参数, 多部位疼痛, 脊柱疾病, Logistic回归, ROC曲线

# Analysis of the Association between Sagittal Spinal Parameters and Multi-Site Pain in Spinal Disorders

Yang Lin<sup>1\*</sup>, Baojun Wang<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>Central Clinical College of Baotou Medical College, Baotou Inner Mongolia

<sup>2</sup>Department of Neurology, Baotou Central Hospital, Baotou Inner Mongolia

Received: March 8, 2026; accepted: April 2, 2026; published: April 9, 2026

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 林洋, 王宝军. 脊柱矢状面参数与脊柱疾病多部位疼痛的关联分析[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 1806-1813. DOI: 10.12677/acm.2026.1641420

## Abstract

**Objective:** To explore the correlation between sagittal spinal parameters and multisite pain distribution in patients with spinal diseases, and identify independent influencing factors. **Methods:** A total of 417 patients with spinal diseases were retrospectively enrolled, divided into single-site pain group (n = 64), double-site pain group (n = 43), and multisite pain group (n = 310). Demographic, clinical characteristics and sagittal spinal parameters were compared among groups. Correlation analysis, multinomial Logistic regression and ROC curve were used to evaluate the association and predictive value of parameters with pain. **Results:** The incidence of upper and lower limb numbness in the multisite pain group was significantly higher than that in the other two groups (all  $P < 0.001$ ). The C2~C7 Cobb angle and T1 slope in the double-site pain group were significantly increased, while C2~C7 SVA was significantly decreased (all  $P < 0.05$ ). C2~C7 SVA was an independent influencing factor for double-site pain (OR = 0.905,  $P = 0.006$ ). The AUC of single spinal parameter for predicting multisite pain was all  $< 0.6$ . **Conclusion:** Sagittal spinal parameters are closely related to pain distribution. C2~C7 SVA is a key influencing factor for double-site pain. A single parameter cannot effectively predict multisite pain, and comprehensive evaluation with multi-dimensional indicators is required.

## Keywords

Sagittal Spinal Parameters, Multisite Pain, Spinal Diseases, Logistic Regression, ROC Curve

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

脊柱矢状面平衡是维持人体正常生理力学的核心,其参数异常与脊柱疼痛的相关性已被广泛证实[1],但现有研究多聚焦单一部位疼痛与矢状面参数的关联[2] [3]。临床中脊柱疾病患者常存在颈、肩、腰、胸背多部位疼痛叠加现象,发生率可达 41.3%~62.7% [4] [5],该疼痛分布模式与脊柱整体力线失衡的关联尚未明确,导致临床病因定位缺乏客观影像学依据。脊柱矢状面平衡作为脊柱外科领域的核心研究方向[1],其与多部位疼痛的关联机制亟待深入探讨。本研究回顾性分析 417 例脊柱疾病患者的临床及影像学资料,探讨脊柱矢状面参数与多部位疼痛分布的关联,筛选疼痛分布模式的独立影响因素,为临床多部位疼痛的病因定位与个性化干预提供客观参考。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 研究对象

回顾性纳入 2023 年 1 月至 2024 年 12 月本院收治的脊柱疾病患者 417 例,所有患者临床资料及脊柱矢状面影像学参数完整,因颈肩腰胸疼痛就诊且症状持续 $\geq 1$  d。疾病诊断符合《颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识(2018)》相关标准[6]。排除脊柱外伤、肿瘤、感染、先天性畸形患者,既往脊柱手术史患者,严重精神疾病、认知障碍无法配合评估者,以及影像学资料模糊、参数测量不可靠者。根据疼痛分布部位数量将患者分为三组:单一部位疼痛组(n = 64, 15.3%)、双部位疼痛组(n = 43, 10.3%)、多部位疼

痛组(n = 310, 74.3%)。

## 2.2. 研究方法

### 2.2.1. 基线资料收集

收集所有患者人口学特征(年龄、性别、BMI)、合并症(高血压病史、糖尿病病史)及临床症状(上肢麻木、下肢麻木)相关资料, 其中 BMI = 体重(kg)/身高<sup>2</sup>(m<sup>2</sup>); 同时记录患者颈部、腰部 VAS 评分, 评估疼痛程度。

### 2.2.2. 脊柱矢状面参数测量

由 2 名经验丰富的放射科医师采用 Image J 软件盲法测量脊柱矢状面核心参数, 测量方法参考相关研究标准[5][7], 若测量差值 > 3°, 由第 3 名医师重新测量并取均值, 组内相关系数 ICC ≥ 0.85。测量指标包括颈椎参数(C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA、T1 倾斜角)、胸腰椎与骨盆参数(胸椎后凸角 TK、腰椎前凸角 LL、骨盆入射角 PI、PT、SS、PI-LL 匹配度)、整体平衡参数(C7-S1 SVA), 其中 SVA 为矢状面垂直轴[8][9]。参数定义及正常范围参考无症状成人矢状面参数标准[10]。

## 2.3. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析, 检验水准  $\alpha = 0.05$  (双侧)。计量资料符合正态分布, 以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 多组间比较采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD 法; 非参数 Kruskal-Wallis 检验验证结果稳健性。计数资料以例数(百分比)[n (%)]表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验。采用 Pearson 相关性分析探讨脊柱矢状面参数与疼痛分布类型、VAS 评分的线性关联。以疼痛分布类型为因变量(单一部位痛为参照组), 纳入脊柱参数及人口学混杂因素构建多项 Logistic 回归模型, 筛选独立影响因素并计算 OR 值及 95% CI, 建模方法参考相关研究[11][12]。采用 ROC 曲线分析脊柱参数对多部位疼痛的预测价值, 计算 AUC。统计符号按 GB3358-82 书写, F、 $\chi^2$ 、r、OR、AUC、P 用斜体, n、N 用正体。

## 3. 结果

### 3.1. 各组患者人口学与临床基线特征比较

总体样本平均年龄  $47.27 \pm 12.90$  岁, 平均 BMI  $25.03 \pm 2.28$  kg/m<sup>2</sup>, 男性 231 例、女性 186 例。单因素方差分析显示, 三组患者年龄(F = 1.207, P = 0.300)、BMI (F = 0.799, P = 0.451)比较, 差异均无统计学意义。 $\chi^2$  检验显示, 三组患者高血压病史( $\chi^2 = 3.716$ , P = 0.156)、糖尿病病史( $\chi^2 = 0.988$ , P = 0.610)、性别分布( $\chi^2 = 2.268$ , P = 0.322)比较, 差异均无统计学意义; 多部位疼痛组女性比例略高。

临床症状方面, 上肢麻木、下肢麻木发生率在三组间比较, 差异均具有极显著统计学意义(均 P < 0.001); 多部位疼痛组上肢麻木(56.1%)、下肢麻木(54.8%)发生率显著高于单一部位疼痛组(17.2%, 0.0%)及双部位疼痛组(58.1%, 18.6%), 单一部位疼痛组下肢麻木发生率为 0, 该结果与神经症状与疼痛范围的关联规律一致[12][13]。详见表 1。

**Table 1.** Comparison of demographic and clinical characteristics among groups with different pain distribution

**表 1.** 不同疼痛分布组间人口学与临床特征比较

变量	总计 (N = 417)	单一部位痛 (n = 64)	双部位痛 (n = 43)	多部位痛 (n = 310)	F/ $\chi^2$	P
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	47.27 $\pm$ 12.90	45.75 $\pm$ 12.86	49.70 $\pm$ 12.13	47.25 $\pm$ 13.00	1.207	0.300
BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	25.03 $\pm$ 2.28	25.30 $\pm$ 2.93	24.74 $\pm$ 2.59	25.01 $\pm$ 2.08	0.799	0.451

续表

性别(男/女, n)	231/186	33/31	20/23	178/132	2.268	0.322
高血压[n (%)]	208 (49.9)	25 (39.1)	21 (48.8)	162 (52.3)	3.716	0.156
糖尿病[n (%)]	147 (35.3)	23 (35.9)	18 (41.9)	106 (34.2)	0.988	0.610
上肢麻木[n (%)]	210 (50.4)	11 (17.2)	25 (58.1)	174 (56.1)	33.340	<0.001
下肢麻木[n (%)]	178 (42.7)	0 (0.0)	8 (18.6)	170 (54.8)	76.572	<0.001

注: BMI = 体质指数; 数据以均数 ± 标准差或例数(百分比)表示。

### 3.2. 各组患者脊柱矢状面参数比较

单因素方差分析显示, 三组患者颈椎参数、部分整体平衡参数及骨盆参数比较, 差异具有统计学意义(均  $P < 0.05$ ); TK、LL、PI 及 PI-LL 匹配度在三组间比较, 差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ )。

颈椎参数中, 双部位疼痛组 C2~C7 Cobb 角、T1 倾斜角显著高于单一部位疼痛组及多部位疼痛组(均  $P < 0.01$ ); 单一部位疼痛组 C2~C7 SVA 显著大于双部位疼痛组( $P < 0.05$ ), 该结果与颈椎矢状面参数异常与疼痛的关联规律相符[8] [9]。整体平衡参数中, 双部位疼痛组 C7-S1 SVA 显著大于多部位疼痛组( $P < 0.05$ )。骨盆参数中, 双部位疼痛组 PT 显著高于其他两组, SS 显著低于其他两组(均  $P < 0.05$ ), 与骨盆 - 脊柱关联动力学机制相关[1] [13]。

Kruskal-Wallis 非参数检验验证结果显示, 除 C2~C7 SVA 显著性边缘化( $P = 0.040$ )外, 其余核心参数(C2~C7 Cobb、T1 倾斜角、C7-S1 SVA、PT、SS)的差异显著性与参数检验结果一致。详见表 2。

**Table 2.** Comparison of sagittal spinal parameters among groups with different pain distribution ( $\bar{x} \pm s$ )

**表 2.** 不同疼痛分布组间脊柱矢状面参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

变量	总计(N = 417)	单一部位痛 (n = 64)	双部位痛 (n = 43)	多部位痛 (n = 310)	F	P
C2~C7 Cobb 角(°)	15.92 ± 1.80	15.58 ± 1.49	16.68 ± 1.62	15.89 ± 1.85	5.231	0.006
C2~C7 SVA (mm)	44.80 ± 6.29	45.31 ± 6.70	42.57 ± 4.65	45.00 ± 6.36	3.092	0.046
T1 倾斜角(°)	30.96 ± 1.28	30.70 ± 1.29	31.49 ± 1.20	30.95 ± 1.27	5.090	0.007
TK (°)	26.95 ± 4.62	26.53 ± 4.21	25.75 ± 3.52	27.20 ± 4.81	2.174	0.115
LL (°)	45.12 ± 3.11	45.31 ± 3.31	44.28 ± 2.90	45.20 ± 3.09	1.812	0.165
PI (°)	53.79 ± 1.93	53.85 ± 1.74	53.59 ± 1.75	53.80 ± 2.00	0.274	0.760
PT (°)	20.92 ± 1.24	20.82 ± 1.11	21.40 ± 1.23	20.87 ± 1.26	3.647	0.027
SS (°)	32.99 ± 2.00	33.15 ± 2.05	32.26 ± 1.77	33.06 ± 2.00	3.333	0.037
PI-LL (°)	8.66 ± 3.27	8.55 ± 3.59	9.31 ± 3.18	8.60 ± 3.22	0.952	0.387
C7-S1 SVA (mm)	59.61 ± 4.91	60.19 ± 4.16	61.30 ± 4.50	59.26 ± 5.06	3.823	0.023

注: SVA = 矢状面垂直轴; TK = 胸椎后凸角; LL = 腰椎前凸角; PI = 骨盆入射角; PT = 骨盆倾斜角; SS = 骶骨倾斜角。

### 3.3. 脊柱矢状面参数与临床特征的 Pearson 相关性分析

Pearson 相关性分析显示, 疼痛分布类型与腰部 VAS 评分呈显著正相关( $r = 0.212, P < 0.001$ ), 与 C7-

S1 SVA 呈边缘显著负相关( $r = -0.097, P = 0.048$ ), 与其余脊柱参数及颈部 VAS 评分无显著线性相关(均  $P > 0.05$ )。

疼痛评分方面, 腰部 VAS 评分与 C2~C7 SVA 呈显著正相关( $r = 0.148, P = 0.002$ ), 与 C2~C7 Cobb 角、T1 倾斜角呈显著负相关(均  $P < 0.05$ ), 该关联规律与脊柱力线失衡导致疼痛的机制一致[9] [12]; 颈部 VAS 评分与 C2~C7 Cobb 角呈弱正相关( $r = 0.109, P = 0.026$ ), 与 C2~C7 SVA 呈显著负相关( $r = -0.109, P = 0.026$ ); 颈、腰部 VAS 评分呈显著负相关( $r = -0.212, P < 0.001$ )。

脊柱参数内部呈典型生物力学代偿关联, C2~C7 Cobb 角与 T1 倾斜角呈极显著正相关( $r = 0.758, P < 0.001$ ), 且与 C7-S1 SVA 呈极显著正相关( $r = 0.481, P < 0.001$ ); T1 倾斜角与 C7-S1 SVA 亦呈极显著正相关( $r = 0.340, P < 0.001$ ), 验证了颈椎前凸随胸椎及躯干倾斜增加而代偿性增大的生理规律[1] [8]。详见表 3。

**Table 3.** Pearson correlation matrix of sagittal spinal parameters and clinical characteristics

**表 3.** 脊柱矢状面参数与临床特征的 Pearson 相关性矩阵

变量	1	2	3	4	5	6	7
1) 疼痛分布类型	-	-0.07	0.21***	0.02	0.02	0.03	-0.10*
2) 颈部 VAS	-	-	-0.21***	0.11*	-0.11*	0.01	0.06
3) 腰部 VAS	-	-	-	-0.11*	0.15**	-0.10*	-0.12*
4) C2~C7 Cobb 角(°)	-	-	-	-	-0.01	0.76***	0.48***
5) C2~C7 SVA (mm)	-	-	-	-	-	-0.05	0.01
6) T1 倾斜角(°)	-	-	-	-	-	-	0.34***
7) C7-S1 SVA (mm)	-	-	-	-	-	-	-

注: N = 417;  $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ,  $P < 0.001$  (双尾检验); VAS = 视觉模拟评分。

### 3.4. 疼痛分布模式的多项 Logistic 回归分析

以疼痛分布类型为因变量(单一部位痛为参照组), 纳入 C2~C7 Cobb 角、C2~C7 SVA、T1 倾斜角、C7-S1 SVA、PT、PI-LL 等脊柱参数及年龄、BMI、性别、高血压史等混杂因素, 构建多项 Logistic 回归模型。模型似然比检验显示, 最终模型具有统计学意义( $\chi^2 = 44.39, P = 0.003$ ), Nagelkerke  $R^2 = 0.131$ , 可有效解释疼痛分布类型的变异。

双部位痛与单一部位痛比较: C2~C7 SVA 是关键独立影响因素, 其每增加 1 mm, 患者表现为双部位疼痛的风险显著降低(OR = 0.905, 95% CI: 0.843~0.972,  $P = 0.006$ ), 与颈椎矢状面参数对疼痛的影响规律一致[9] [10]; BMI 每增加 1 kg/m<sup>2</sup>, 双部位疼痛风险显著降低(OR = 0.83, 95% CI: 0.69~0.99,  $P = 0.043$ ); 其余指标无显著统计学意义(均  $P > 0.05$ )。

多部位痛与单一部位痛比较: C7-S1 SVA 呈保护性边缘趋势(OR = 0.918, 95% CI: 0.84~1.00,  $P = 0.053$ ), 高血压病史呈风险边缘趋势(OR = 1.997, 95% CI: 0.99~4.03,  $P = 0.053$ ); 其余脊柱参数及人口学因素均无显著统计学意义(均  $P > 0.05$ )。详见表 4。

**Table 4.** Multinomial Logistic regression analysis results of pain distribution types

**表 4.** 疼痛分布类型的多项 Logistic 回归分析结果

变量	双部位痛 vs 单一部位痛			多部位痛 vs 单一部位痛		
	B (SE)	OR (95% CI)	P	B (SE)	OR (95% CI)	P
C2~C7 Cobb 角(°)	0.40 (0.23)	1.49 (0.95, 2.35)	0.083	0.21 (0.14)	1.24 (0.93, 1.64)	0.139

续表

C2~C7 SVA (mm)	-0.10 (0.04)	0.91 (0.84, 0.97)	0.006	-0.01 (0.02)	0.99 (0.94, 1.03)	0.587
T1 倾斜角(°)	0.04 (0.30)	1.04 (0.58, 1.85)	0.907	0.09 (0.18)	1.09 (0.77, 1.56)	0.623
C7-S1 SVA (mm)	-0.08 (0.07)	0.93 (0.81, 1.05)	0.232	-0.09 (0.04)	0.92 (0.84, 1.00)	0.053
PT (°)	0.09 (0.21)	1.10 (0.73, 1.65)	0.664	-0.04 (0.14)	0.96 (0.72, 1.27)	0.765
PI-LL (°)	0.10 (0.07)	1.10 (0.96, 1.26)	0.171	0.02 (0.05)	1.02 (0.92, 1.12)	0.751
年龄(岁)	0.02 (0.02)	1.02 (0.98, 1.06)	0.276	-0.01 (0.01)	0.99 (0.97, 1.02)	0.565
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	-0.19 (0.09)	0.83 (0.69, 0.99)	0.043	-0.12 (0.07)	0.89 (0.78, 1.01)	0.076
性别(女 vs 男)	0.64 (0.44)	1.89 (0.80, 4.48)	0.146	-0.23 (0.29)	0.79 (0.45, 1.41)	0.431
高血压(有 vs 无)	0.26 (0.51)	1.29 (0.47, 3.55)	0.616	0.69 (0.36)	2.00 (0.99, 4.03)	0.053

注: 参照组为单一部位疼痛组; 模型调整了胸椎后凸角(TK)在内的所有列出变量; Nagelkerke R<sup>2</sup> = 0.131; CI = 置信区间。

### 3.5. 脊柱参数对多部位疼痛的预测价值

ROC 曲线分析评估 C2~C7 SVA、PI-LL、T1 倾斜角、C7-S1 SVA 四个核心参数对多部位疼痛的诊断预测效能, 结果显示, 所有参数单独预测的 AUC 均未达到 0.6 的有效诊断阈值。其中 C2~C7 SVA 的 AUC = 0.546 (95% CI: 0.482~0.611, P = 0.152), PI-LL 匹配度 AUC = 0.469 (P = 0.342), C7-S1 SVA 的 AUC = 0.411 (P = 0.006), 提示单一脊柱矢状面参数对多部位疼痛的预测价值有限, 无法作为独立的诊断工具, 与多因素协同影响疼痛分布的规律相符[11] [12]。

## 4. 讨论

### 4.1. 脊柱疾病患者多部位疼痛的临床基线特征

本研究中 74.3% 的脊柱疾病患者存在多部位疼痛, 提示多部位疼痛在脊柱疾病患者中具有高发性, 略高于现有研究报道的 41.3%~62.7% [4] [5], 该差异可能与本研究样本选择的脊柱疾病类型及纳入标准相关。三组患者在年龄、BMI、高血压、糖尿病及性别分布上无显著统计学差异, 表明各疼痛分布组在人口学及基础疾病基线特征上具有良好的可比性, 排除了上述混杂因素对疼痛分布模式的干扰。而多部位疼痛组上下肢麻木发生率显著高于单一、双部位疼痛组, 且单一部位疼痛组无下肢麻木发生, 提示神经症状与疼痛分布范围存在密切关联, 脊柱疼痛分布越广泛, 神经受压或损伤的概率越高, 这与脊柱整体力线失衡导致的神经卡压、脊柱周围血液循环障碍等病理生理机制相关[12] [13], 也为临床通过神经症状评估疼痛分布范围提供了参考。

### 4.2. 脊柱矢状面参数在不同疼痛分布组的特征差异

本研究发现双部位疼痛组的颈椎矢状面参数呈现显著异常, 其 C2~C7 Cobb 角、T1 倾斜角显著高于其他两组, C2~C7 SVA 显著小于单一部位疼痛组, 提示颈椎曲度的代偿性改变与双部位疼痛的发生密切相关, 该结果与颈椎矢状面参数异常的临床意义一致[8] [10]。T1 倾斜角是反映颈椎与胸椎衔接处生物力学力线的重要指标, 其升高伴随 C2~C7 Cobb 角增大, 提示颈椎存在代偿性前凸, 这种代偿性解剖改变会导致颈椎周围肌肉、韧带长期处于紧张牵拉状态, 易引发颈肩、颈腰等双部位牵涉痛[1] [9]。同时, 双部位疼痛组 C7-S1 SVA 显著大于多部位疼痛组, 骨盆参数 PT 升高、SS 降低, 表明脊柱整体矢状面平衡及骨盆力线的异常在双部位疼痛中表现更为显著, 骨盆的代偿性倾斜会进一步加重脊柱整体力线紊乱, 形

成“骨盆-脊柱”联动的力学失衡[1] [13], 进而诱发多部位疼痛。而 TK、LL、PI 及 PI-LL 匹配度在三组间无显著差异, 提示胸腰椎曲度及骨盆固有解剖参数并非疼痛分布模式的主要影响因素, 这与骨盆入射角为先天性固定参数、受后天因素影响较小的解剖学特点相符[8] [14]。

### 4.3. 脊柱矢状面参数与疼痛分布及程度的关联机制

Pearson 相关性分析验证了脊柱“整体力线联动”的生物力学特征[1] [8], 腰部 VAS 评分与 C2~C7 SVA 呈显著正相关, 提示颈椎矢状面失衡越严重, 患者的腰痛程度越高, 其原因可能为颈椎矢状面的力线异常通过躯干传导至腰椎, 导致腰椎的生物力学负荷显著增加, 进而加重腰椎周围软组织的损伤及疼痛症状[9] [12]。颈部 VAS 评分与 C2~C7 Cobb 角呈弱正相关、与 C2~C7 SVA 呈负相关, 提示颈椎前凸角度的轻度增大具有一定的生理代偿作用, 可缓解颈部疼痛, 而颈椎矢状面轴向距离的增加会破坏颈椎的生理力线, 加重颈部疼痛[9] [10]。脊柱参数内部的相关性分析显示, C2~C7 Cobb 角与 T1 倾斜角、C7-S1 SVA 均呈极显著正相关, 验证了颈椎前凸随胸椎及躯干倾斜增加而代偿性增大的生理规律[1] [8], 体现了脊柱矢状面各节段间的代偿机制。此外, 疼痛分布类型仅与腰部 VAS 评分呈显著正相关、与 C7-S1 SVA 呈边缘负相关, 提示疼痛分布模式的改变并非由单一脊柱矢状面参数决定, 可能受脊柱力线、神经状态、肌肉骨骼功能、患者自身痛阈等多因素的非线性协同作用影响[11] [12]。

### 4.4. 疼痛分布模式的独立影响因素及临床意义

多项 Logistic 回归分析明确了 C2~C7 SVA 是双部位疼痛与单一部位疼痛区分的关键独立影响因素, 其值越小, 双部位疼痛的发生风险越高, 与基线分析中双部位疼痛组 C2~C7 SVA 均值最小的结果高度一致, 提示临床可将 C2~C7 SVA 作为双部位疼痛风险评估的重要影像学指标, 该结论与相关研究的参数预测价值一致[9] [10], 对于 C2~C7 SVA 降低的脊柱疾病患者, 可提前干预以预防双部位疼痛的发生。BMI 为双部位疼痛的保护因素, 其具体机制尚不明确, 可能与脂肪组织对脊柱周围软组织的缓冲保护作用相关, 需后续研究进一步验证。对于多部位疼痛, C7-S1 SVA 呈保护性边缘趋势、高血压病史呈风险边缘趋势, 提示改善脊柱整体矢状面平衡可能降低多部位疼痛的发生风险, 而合并高血压可能通过影响脊柱周围血管的微循环、加重神经缺血缺氧, 进而促进疼痛范围的扩大[12] [13], 这为多部位疼痛的临床干预提供了潜在方向, 即对于合并高血压的脊柱疾病患者, 积极控制血压可能有助于缓解疼痛症状。

### 4.5. 研究局限性与临床启示

本研究为单中心回顾性研究, 存在一定的样本选择偏倚, 且未按性别、年龄进行亚组分层分析, 无法明确不同人群中脊柱矢状面参数与疼痛分布的关联差异, 这也是回顾性研究常见的局限性[15] [16]; 同时未探讨脊柱矢状面参数的联合预测价值, 也未对患者进行长期随访, 无法分析参数与疼痛预后的关联。后续可开展多中心、前瞻性研究, 纳入更多混杂因素, 构建脊柱参数组合的预测模型, 明确多部位疼痛的影像学预警阈值, 并探讨脊柱参数干预对疼痛症状的改善效果[1] [10]。

临床中, 可将 C2~C7 SVA 作为双部位疼痛的重要评估指标, 对 C2~C7 SVA 异常的患者重点关注颈椎矢状面平衡的矫正, 通过康复训练、支具固定等方式改善颈椎力线[6] [16], 缓解疼痛症状; 对于多部位疼痛患者, 需综合评估脊柱整体力线、神经症状及合并症(如高血压), 实施个性化的干预方案, 避免单独依靠单一脊柱参数进行诊断及治疗[1] [9]。此外, 由于单一脊柱矢状面参数对多部位疼痛的预测价值有限, 临床需结合影像学参数、临床症状、体征等多维度指标进行综合评估, 以提高诊断的准确性[11] [12]。

## 5. 结论

脊柱疾病患者多部位疼痛发生率较高, 且与上下肢神经症状密切相关; 不同疼痛分布组的颈椎矢状

面参数、脊柱整体平衡参数及骨盆参数存在显著差异, 其中双部位疼痛组的颈椎代偿性前凸及骨盆力线异常更为明显。C2~C7 SVA 是双部位疼痛发生的关键独立影响因素, 其值越小, 双部位疼痛的发生风险越高; 疼痛分布模式的改变受多因素非线性协同作用影响, 单一脊柱矢状面参数无法有效预测多部位疼痛的发生, 临床需结合脊柱参数组合、临床症状、神经体征及合并症等多维度指标进行综合评估, 为脊柱疾病多部位疼痛的精准病因定位及个性化干预提供客观依据。

## 声明

本研究经包头市中心医院医学伦理委员会批准(批准号: 2024KYLL003), 符合《赫尔辛基宣言》相关伦理要求。

## 基金项目

内蒙古医学科学院公立医院科研联合基金科技项目(编号: 2023GLLH0027)。

## 参考文献

- [1] Le Huec, J.C., Thompson, W., Mohsinaly, Y., Barrey, C. and Faundez, A. (2019) Sagittal Balance of the Spine. *European Spine Journal*, **28**, 1889-1905. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-06083-1>
- [2] 罗磊. 经椎弓根动态固定与融合内固定治疗腰椎退行性疾病的临床对照研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 陆军军医大学, 2018.
- [3] 王春国. 腰椎退变性疾病长短节段固定至骨盆术后矢状位力线对临近节段影响的研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 解放军医学院, 2020.
- [4] 孙文志, 王宇, 王宝宝, 等. 改良整体形态与平衡评分预测短节段腰椎融合术后邻近节段退变的临床研究[J]. *中国骨与关节杂志*, 2023, 12(1): 22-28.
- [5] 吴天亮. 单侧斜外侧腰椎椎间融合术(Stand-Alone OLIF)治疗退变性腰椎疾病的安全性及临床研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2021.
- [6] 中华外科杂志编辑部. 颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识(2018) [J]. *中华外科杂志*, 2018, 56(6): 401-402.
- [7] 王康康. 俯卧位全脊柱 CT 定位像和经椎间隙截骨术在陈旧性骨质疏松胸腰椎骨折伴后凸畸形中的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽医科大学, 2024.
- [8] Azimi, P., Yazdaniyan, T., Benzel, E.C., Hai, Y. and Montazeri, A. (2021) Sagittal Balance of the Cervical Spine: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Spine Journal*, **30**, 1411-1439. <https://doi.org/10.1007/s00586-021-06825-0>
- [9] Koeppen, D., Stelling, H., Goll, M., Kroppenstedt, S. and Cabraja, M. (2022) Comparison of Sagittal Vertical Axis and Decompression on the Clinical Outcome of Cervical Spondylotic Myelopathy. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **213**, Article ID: 107125. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2022.107125>
- [10] Liu, T., Tian, S., Zhang, J., He, M., Deng, L., Ding, W., et al. (2023) Comparison of Cervical Sagittal Parameters among Patients with Neck Pain and Patients with Cervical Spondylotic Radiculopathy and Cervical Spondylotic Myelopathy. *Orthopaedic Surgery*, **16**, 329-336. <https://doi.org/10.1111/os.13951>
- [11] 周超. 基于三维步态分析腰椎退变性疾病运动学和时空参数的研究及临床意义探讨[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2024.
- [12] 任玲, 雷中杰, 杨霖, 等. 力学源性退变性腰椎病的原因探讨与思考[J]. *华西医学*, 2020, 35(10): 1257-1262.
- [13] 王强, 赵文杰, 张斌, 等. 骶-腰综合征病理基础及生物力学机制[J]. *中国组织工程研究*, 2015, 19(33): 5371-5377.
- [14] 朱世杰. OLIF 治疗多节段退行性腰椎侧凸的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学医学部, 2020.
- [15] 龚凯. 小关节源性腰痛的基础及临床研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 第四军医大学, 2010.
- [16] 李现强. 肌肉能量技术结合肌内效贴对上交叉综合征大学生颈肩部活动/疼痛/姿势和肺功能的影响[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东体育学院, 2024.